

城市密度的空间分布逻辑

——以深圳市为例

王浩锋 施 苏 饶小军

〔摘 要〕 以深圳市为例,基于宏观和微观视角分析了城市密度的空间分布规律与特点。分析结果显示,传统的街道密度指标可以揭示城市宏观层面的片区密度差异,而街道网络的拓扑结构则能够从微观层面揭示城市密度的空间分布变化。对于街道网络、土地开发强度和用地功能构成之间的关系进行了定量分析,有助于从规划设计的角度理解和把握城市密度的配置问题。

〔关键词〕 城市密度;街道网络;功能构成;深圳

〔中图分类号〕 TU984.265 〔文献标识码〕 A

一 引言

城市规划中经常使用密度概念来衡量土地资源的配置效率和城市化程度,并以相应的指标控制或引导城市的发展建设。城市密度包含多方面的内容,一方面它被用来描述城市占有土地的特征,如单位用地面积内的人口数量或建筑面积;另一方面,它也被用来表述社会、经济和文化活动在城市各部分的聚集、毗邻和重合程度;除此之外,还存在第三种类型的城市密度——街道网络密度以及在此基础上进行土地开发而形成的用地划分密度^[1]。无论从城市的发展演变还是从规划设计角度来看,街道网络密度和地块划分密度均与城市的各种密度紧密相关,它们之间的关系问题是城市规划领域的重要课

题。对这一问题的深入研究,对于确定城市密度的合理分布、实现土地资源的优化具有重要的理论和现实意义。

微观经济学的区位理论从地租的角度为城市土地使用和开发强度的空间分布提供了宏观描述模型^[2]。20世纪70年代以来,区位理论也被广泛应用于城市公共设施选址的优化领域^[3]。目前,以区位理论为基础建立的城市密度分区方法在国外城市规划中得到了广泛应用,被普遍认为是一种确保土地价值得到充分实现和公共设施得到有效利用的技术性方法。近年来,我国的一些主要城市如上海、深圳、广州等也开展了城市密度分区的研究工作,根据城市的区位条件和功能布局特点,结合产业发展、生态环境保护等因素探讨土地开发强度的宏观布局,并制定了相应的城市密度分区标准和原则^[4-5]。

〔作者简介〕 王浩锋(1972—),男,河南郑州人,深圳大学建筑与城市规划学院副教授,博士,中国城市规划学会会员;施 苏(1987—),女,江西宜春人,深圳大学建筑设计研究院建筑师,硕士;饶小军(1960—),男,湖南长沙人,深圳大学建筑与城市规划学院教授,博士。

〔基金项目〕 国家自然科学基金项目(51178269)。

〔收稿日期〕 2015-01-16

〔修回日期〕 2015-03-06

虽然城市密度分区研究以土地开发强度的空间分布为主要内容,但却较少考虑城市形态要素的影响,往往将街道网络当作城市密度分布的背景,视角也过于局限于机动车交通问题,忽视了街道作为城市社会、经济和文化活动载体的重要作用。因此,此类研究往往难以把握较微观层面城市密度的空间分布特征,对规划设计和实践的具体指导作用有限。此外,在传统的区位理论中,区位条件和城市密度之间存在较为显著的空间自相关现象,如服务区对于中心的定义往往依据已经形成的城市密度分区进行划分,因此,使得研究的客观性受到影响。

国外学者比较早地注意到了街道网络的形态特征与城市密度的某些要素之间的密切关系。雅各布斯(Jacobs)认为,小尺度的城市地块划分和密集街网的连通性是城市活跃地区的重要特征^[6]。西克斯纳(Siksna)对美国和澳洲城市中心的街道密度和形态进行了细致的度量,从实证的角度揭示了中心区街道网络所具有的形态紧凑、地块划分密度强化的特点和演变倾向^[7]。伦敦大学的希列尔(Hillier)等将尺度的概念纳入空间句法的拓扑网络分析,从定量分析的角度解释了街道网络的局部密度与整体拓扑结构通过城市出行影响中心的形成与演变的经济学原理^[8-9]。随着计算机技术的发展,空间句法的理论方法被广泛地应用于世界各地的案例研究,而其关于城市空间网络的拓扑—几何关系的多尺度结构特征也被反复验证与城市密度的某些方面内容如用地功能布局等存在着系统相关性^[10-11]。皮泊尼斯(Peponis)等将空间句法应用于美国亚特兰大都市圈的城市密度研究,通过25个城区的数据对比,发现街道网络的平均密度与人口、用地单元、居住建筑和商业服务设施的密度分布之间存在显著的统计相关性^[1]。荷兰代尔夫特理工大学(TU Delft)的马舒德(Mashhoodi)和博高瑟·蓬特(Berghauer Pont)结合空间句法、空间基质以及霍克(Hoek)提出的混合使用指标等方法,从更为微观的视角对阿姆斯特丹南半部街网的拓扑可达性、特定出行半径内的建筑面积、功能混合度之间的定量关系进行了统计分析^[12]。范·尼斯(Van Nes)等则在上述定量研究的基础上,从概念的角度就城市密度所涵盖的三方面内容——“空间网络密度”、“建筑密度”和“功能混合密度”之间的关系提出了相应的评价模型^[13]。

本研究在借鉴国外最新研究成果的基础上,应

用空间句法理论方法和GIS技术,以深圳市主城区为研究对象,通过对不同尺度的用地单元内土地利用数据的量化分析,从宏观和微观两个层面对现状城市密度的空间分布特点进行研究。本研究重点探讨了城市密度概念涉及的多方面内涵如街道密度、容积率、用地功能构成等要素之间的指标性关联。本研究的主要目的有两个,一方面从实证的角度检验城市密度诸要素之间是否存在系统相关性,另一方面探讨对土地开发强度(容积率)形成重要影响的城市形态要素以及相关影响在不同用地类型之间的表现。

二 数据与研究方法

本研究的研究范围设定为西起深圳市南山区前海大道,东至罗湖区沿河路一带,南至蛇口码头和深圳河,北至北环大道,总面积约95平方公里。研究中对上述区域进行了不同尺度的用地单元划分。在宏观层面,按照现状形成的城市片区将研究范围划分为10个片区,并在此基础上进一步划分为50个次区,作为分析的基本单元(图1)。微观层面的研究则以400米×400米的方格网图斑为用地单元。需要说明的是,本研究的容积率或其他密度指标均采用包含道路占地面积的毛容积率或毛密度指标,其原因除了缺乏准确的道路红线数据之外,还在于试图探讨土地开发强度与道路占用土地之间的相互影响。此外,因缺乏准确的道路红线数据和现有宗地数据一致性较差,本研究的微观分析没有采用以街区或地块为用地单元的通常做法。根据范·尼斯等的经验,对于较大空间范围的数据,以街区或均质图斑作为单元对分析结果的影响并不大,只是两者需要应用不同的GIS空间分析方法去关联不同图层的地理数据^[13]。考虑到国内城市的街区尺度和较大的建筑形体,本研究采用了更大一级尺度的400米网格单元,在剔除了建筑面积很少或功能不明的少量单元格之后,最终的有效样本包括675个400米×400米的用地单元。

本研究主要应用空间句法和功能混合模型对深圳主城区的街道形态和土地利用现状进行系统化。空间句法的建模基于城市现状地形图,并通过现场踏勘对路网的缺失或错误之处进行了校核修正,以确保分析的准确性。需要指出的是,空间句法研究对于空间建模的精度和一致性有较高的要求,通常需要研究者根据具体问题或通过不同精度建模

的对比来判断是否需要将公共步行空间乃至私密空间如小区内部道路也纳入分析^[14]。研究中根据在深圳蛇口片区的前期研究经验^[15],决定将封闭管理小区的内部道路排除在外,最终采用的空间句法模型包含了街道和所有的公共步行系统。研究中的土

地利用数据采用深圳市近几年的建筑和商业网点(500平方米以上规模)的普查数据,包括建筑的性质、面积、用地权属、网点类型与营业面积等,为深入的数据分析提供了依据和保障。



图1 研究范围与片区研究单元划分(10个片区和50个次区分别以黑色和灰色线表示)

1. 空间句法:街道形态的量化

空间句法应用“轴线分析法”将城市的道路系统解析为线性网络。由于街道的拓扑连接关系,某些街道将比其他街道变得更具可达性,于是具有成为目的地的更大潜力;而另一些街道将更多地作为网络中起点和目的地之间的通过路线。空间句法通过计算机模型对街道网络的拓扑连接关系进行量化,其最新的技术成果是由轴线模型派生的“线段模型”,即以轴线节点之间的线段作为分析单元,同时用“角度深度”(线段到线段之间最短路径的累积转向角度)取代了“拓扑深度”(转向次数)作为距离成本度量街道的潜力,以反映网络几何形式的影响。

此外,空间句法还引入了网络尺度概念,通过限制网络分析的空间距离或半径,即仅考虑线段与其一定范围内其他线段的拓扑连接关系,来度量网络从局部到整体的不同尺度的潜力。空间句法的研究表明,街道网络的局部或全局的拓扑结构与不同尺度的城市出行有关,较小分析半径(如800米或1000米,即步行10-12分钟的距离)的网络结构与步行人流密度和零售商业的分布密切相关,而较大半径(如4000米以上到半径n)的网络结构则与机动车流量的关系更为密切^[16]。

本研究应用Depthmap软件对深圳市街道网络的不同尺度的拓扑—几何结构进行分析,研究中主要涉及的变量包括整合度、选择度和线段总长度。其中,整合度和选择度的计算与距离成本有关,是度

量网络的空间可达性的重要参数。前者表示一条线段到距离其一定半径范围内其他线段的平均角度距离,后者表示在一定分析半径的范围内线段作为任意一组交通的起止点之间的最短路径而被选择的次数或频率。线段总长度表示某个半径的分析所涉及的全部线段的长度之和(图2)。

2. 功能混合模型

功能混合模型(Mixed Use Index)由荷兰代尔夫特理工大学的霍克博士提出,用以度量城市用地单元的功能混合程度^[17]。该模型首先将功能划分为居住(Housing)、工作(Working)和服务(Amenity)三大类,其中工作功能包括商业或行政办公、生产活动如工业、仓储等,服务功能则包括城市所有生活配套设施如商业服务网点、文化教育、休闲娱乐和市政交通设施等。然后,根据各功能所占总建筑面积的比例对用地的功能构成进行类型划分(图3)。本研究应用该方法将研究对象的用地结构分为以下7种类型。

H:单一居住功能,居住占用地内总建筑面积的80%以上,且另外两大功能所占比例均小于10%。

A:单一服务功能,服务占用地内总建筑面积的80%以上,且另外两大功能所占比例均小于10%。

W:单一工作功能,工作占用地内总建筑面积的80%以上,且另外两大功能所占比例均小于10%。

H_A:居住与服务混合,居住与服务各占总建筑面积的10%以上,且工作所占的比例小于10%。



图2 深圳市街道网络1000米半径(上)、2000米半径(中)与n半径(下)的整合度数值分布

注:由深至浅的灰度代表数值的高低变化。

H_W:居住与工作混合,居住与工作各占总建筑面积的10%以上,且服务所占的比例小于10%。

A_W:服务与工作混合,服务与工作各占总建筑面积的10%以上,且居住所占的比例小于10%。

H_AW:完全混合型,三类功能所占总建筑面积的比例均超过10%。

本研究通过GIS平台将街道形态和土地利用数据进行了叠加、关联,依据宏观和微观的用地单元划分对其中分布的各项数据进行统计,最终形成了4类城市密度的相关指标:指标一,街道密度(每平方公里的街道长度)、街区密度(每平方公里的街区数量)、地块密度(每平方公里的地块数量);指标二,街道网络的拓扑结构密度,如整合度、选择度、街道总长度;指标三,土地开发强度,如容积率、居住及非居住类建筑容积率、商业网点密度;指标四,用地功能混合度(用地单元内各类建筑物的面积比例)。其中,宏观尺度的街道拓扑密度数据取自片区的平均值,而微观研究则采用了400米单元格内分布数据的最高值。研究中通过线性回归模型对城市密度的上述各类指标进行分析,以明确城市形态与土地开发之间存在的系统相关程度。

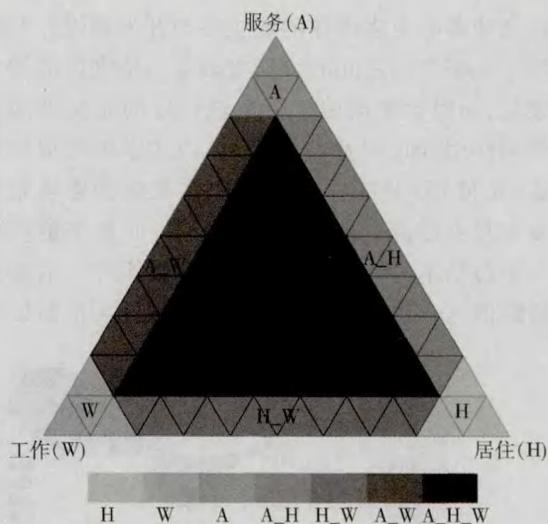


图3 功能混合模型

注:资料来源于参考文献17。

三 街道形态与片区城市密度

宏观层面的研究重点考察了片区城市密度的各项平均指标之间的定量关系,由于涉及的各种变量较多,且用地划分的尺度较大,因此,指标之间存在大量的自相关现象。即便如此,也不难发现片区的街道形态与土地开发强度之间存在着一些明显的分布规律。

1. 街道密度与地块密度:城市密度的一个基本定理

图4显示了深圳主城区10个片区和50个次区的平均地块密度、平均街区密度和平均街道密度的数据。统计分析结果显示,10个片区中,几乎所有街道形态的指标都与片区的地块密度间存在很强的关联性,且检验结果均为显著相关(表1)。就最常用的街道密度指标来说,它与地块分割密度的关联高达 $r^2 = 0.695$,即片区之间的地块密集程度的变化有近70%可以从街道密度差异的角度得到解释。

这一结果与皮泊尼斯等在对美国亚特兰大市研究中所发现的情况极其相似,即城市物质形态方面的某些密度如街道密度与土地产权数量的分布存在着正比关系,他们认为,这种关系是城市密度分布的基本定理之一,并且可以从城市公共空间与私密空间之间的社会逻辑关系角度加以解释^[1]。公共空间网络的密度强化可以容纳更多数量的用地单元,

也就意味着有更多潜在的业主参与开发建设。公共空间与私密空间之间的界面将随着街道密度的增加而强化,而隐含在这种社会逻辑背后的是两种因素的共同作用,即(利益均沾的)经济性原则与地块划分的(几何)形态限制。因此,更多数量的地块划分需要配套更多街道满足出入的需要,而每个地块都有一个最基本的沿街面与进深的比例限制,不能无限地降低这个比例。深圳市的案例无疑再次验证了

这一定理。

另一方面,街道的网络拓扑密度与地块密度的相关程度更为突出,如 2000 米和 1000 米半径选择度的 r^2 分别高达 0.817 和 0.795,较明显地高于街道密度指标的表现。与片区街道的平均整合度相比,街道密度的 r^2 也仅仅是略好而已,与 1000 米半径整合度的表现($r^2 = 0.692$)极为接近。

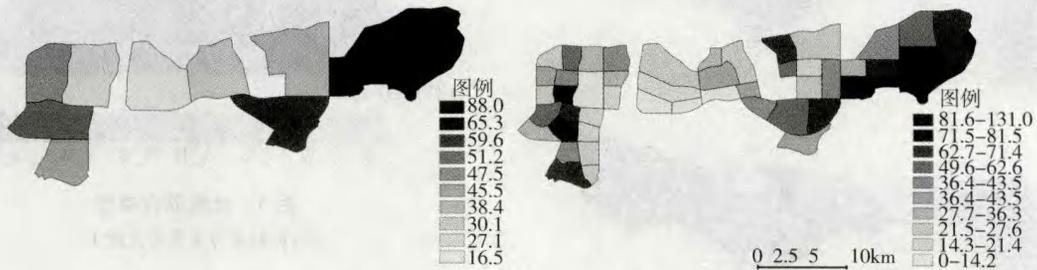


图 4a 深圳 10 个片区(左)和 50 个次区(右)的平均地块密度

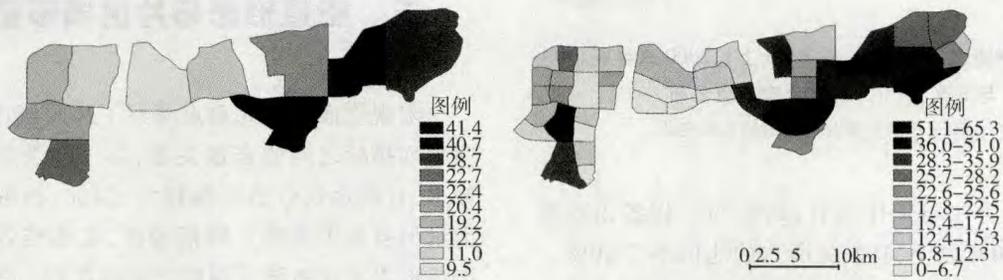


图 4b 深圳市 10 个片区(左)和 50 个次区(右)的平均街区密度

当 10 个片区被细分为 50 个次区时,街道形态的上述几个指标与地块密度的关联呈现出较明显的下降趋势,然而,它们之间相关度的强弱趋势与 10 个大的片区的情况几乎完全一致,即 2000 米和

1000 米半径选择度的表现最强,其次为街道密度和 1000 米半径整合度。随着网络分析半径的增加,街道的拓扑密度与地块密度的关系迅速降低,及至全局的尺度(半径 n)则弱到几乎可以忽略的程度。

表 1 街道形态与地块密度的统计相关性 (r^2)

	街区密度/ 平方公里	街道密度公里/ 平方公里	1000 米 整合度	2000 米 整合度	半径 n 整合度	1000 米 选择度	2000 米 选择度	半径 n 选择度	1000 米 线段长度	2000 米 线段长度
10 片区	0.584	0.695	0.692	0.654	0.001	0.729	0.817	-0.308	0.579	0.578
50 次区	0.390	0.411	0.392	0.310	-0.024	0.484	0.509	-0.070	0.306	0.233

2. 街道形态与容积率

10 个片区的容积率与街道形态之间呈现出极高的相关性(图 5)。其中,街道密度、3000 米半径选择度与片区容积率的关联程度最高, r^2 值分别为 0.863 和 0.853,而全局(半径 n)可达性与容积率的相关性较弱(表 2)。本研究按照建筑性质将片区的容积率指标拆分为居住类和非居住类建筑两大类,

分别将它们与街道形态的诸要素进行相关分析。通过分析可以发现,在街道形态指标中,拓扑结构比街道密度的表现略好,但两者与分项容积率的相关度并未表现出明显的强弱分野。此外,值得注意的是,居住容积率与全局选择度存在着较强的负相关($r^2 = -0.597$),而对于非居住容积率,这种关系则反转过来,呈正相关关系。



图 5 深圳市 10 个片区(左)和 50 个次区(右)的平均容积率

在 50 个次区中,上述指标之间的相关度呈现下降的趋势,但路网的拓扑结构比街道密度对容积率的影响更为显著,特别是对非居住容积率的影响(r^2 值分别为 0.412 和 0.258)。同时,街道形态与非居住容积率的总体关系明显超过居住容积率,而这种差别在大的 10 个片区中并不明显(表 3)。

上述结果表明,城市除了片区的容积率分布有一定的空间规律之外,不同建筑的密度分布也有各自的特点。非居住类建筑更倾向于分布在不同尺度

的可达性(整合度)较高、作为目的地更易到达的地区,而居住建筑的密度分布受街道形态的影响程度稍弱,在更大的片区范围内表现的趋势较明显,特别是在全局可达性(选择度)较高、机动车通过量大的地区分布的密度相对较低。深圳市的这种分布特点与美国亚特兰大市的情况恰好相反,对后者的研究表明,居住类建筑密度受城市形态的影响更大,而非居住类的情况则很不明显。

表 2 10 大片区街道形态与容积率的统计相关性(r^2)

	街道密度 公里/平方公里	1000 米	2500 米	3000 米	半径 n	1000 米	2500 米	3000 米	半径 n	1000 米	2500 米	3000 米
		整合度	整合度	整合度	整合度	选择度	选择度	选择度	选择度	线段长度	线段长度	线段长度
容积率	0.863	0.723	0.763	0.753	0.047	0.700	0.788	0.853	-0.180	0.673	0.724	0.716
居住	0.636	0.558	0.463	0.404	-0.030	0.651	0.624	0.568	-0.597	0.462	0.409	0.357
非居住	0.558	0.437	0.622	0.703	0.393	0.313	0.525	0.624	0.031	0.474	0.636	0.710

表 3 50 个次区街道形态与建筑密度的统计相关性(r^2)

	街道密度 公里/平方公里	1000 米	2500 米	3000 米	半径 n	1000 米	2500 米	3000 米	半径 n	1000 米	2500 米	3000 米
		整合度	整合度	整合度	整合度	选择度	选择度	选择度	选择度	线段长度	线段长度	线段长度
容积率	0.531	0.626	0.461	0.412	0.008	0.570	0.532	0.469	-0.008	0.572	0.418	0.379
居住	0.256	0.258	0.168	0.127	-0.038	0.301	0.245	0.205	-0.076	0.202	0.134	0.105
非居住	0.295	0.412	0.352	0.366	0.162	0.269	0.265	0.287	0.033	0.444	0.360	0.365

3. 街道形态与商业密度

商业网点的数据取自深圳市综合开发院完成的 2010 年深圳市商业网点普查,其中仅包括面积在 500 平方米以上的规模网点。本研究对比了两个商业密度指标——面积密度和网点数量密度,取值分别为网点建筑面积和网点数量与片区土地面积的比值(图 6)。

罗湖、南山和华强三个片区的商业密度总体较高,特别是其中心部分,如东门—国贸—火车站一带、华强北和南山中心区,每平方公里网点数量的分布更为密集,而这些地方也恰好处在深圳市的主要商业中心位置。网点密度最低的是高新园片区,其次为华侨城和竹子林—香蜜湖片区,前者基本属于

科技办公区,后者以居住为主,住宅价格水平位于全市前列。

对比 10 大片区和 50 个次区可以看出,街道形态与商业密度的关联达到强烈相关程度,如 2000 米半径选择度 r^2 为 0.495(表 4)。总体而言,商业密度的空间分布有几个特点:首先,街道的拓扑结构与商业密度的关联程度明显更高,且在大小两个层面的变化不大,说明空间的拓扑连接关系比街道密度对商业分布的影响更大,也更稳定。其次,在拓扑变量中,选择度与商业密度的关系比整合度的表现更突出。由于前者与出行的最短路径有关,后者与出行的目的地有关,因此,这种情况大致表明商业网点更倾向于选址在有较多出行经过的地方。最

后,与前面地块密度和容积率分析的情况一样,街道拓扑结构与商业密度的关联程度随着网络分析半

径的加大而迅速下降到弱相关、甚至可以忽略的程度(表 5)。

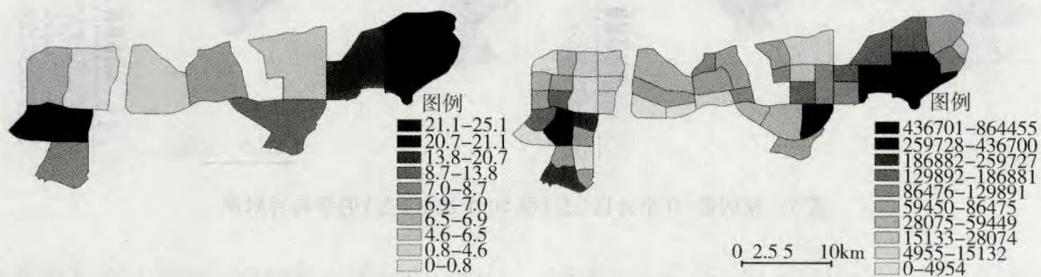


图 6a 深圳市 10 个片区(左)和 50 个次区(右)的平均商业面积密度

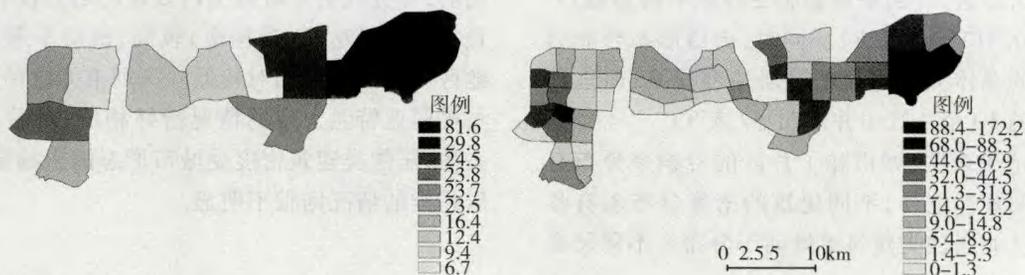


图 6b 深圳市 10 个片区(左)和 50 个次区(右)的网点数量密度

表 4 10 大片区街道形态与商业密度的统计相关性(r^2)

	街道密度 公里/平方公里	1000 米 整合度	2000 米 整合度	半径 n 整合度	1000 米 选择度	2000 米 选择度	半径 n 选择度
商业面积密度 米/平方公里	0.185	0.321	0.350	-0.056	0.395	0.495	-0.198
网点数量密度/平方公里	0.326	0.286	0.294	-0.001	0.446	0.491	-0.197

表 5 50 个次区街道形态与商业密度的统计相关性(r^2)

	街道密度 公里/平方公里	1000 米 整合度	2000 米 整合度	半径 n 整合度	1000 米 选择度	2000 米 选择度	半径 n 选择度
商业面积密度 米/平方公里	0.169	0.332	0.288	-0.0004	0.320	0.319	-0.002
网点数量密度/平方公里	0.131	0.339	0.335	-0.0003	0.428	0.446	-0.010

四 地块开发强度的空间分布逻辑

微观层面的城市密度研究以 400 米 × 400 米的格网为用地单元,同时增加了用地功能构成的维度。各单元格的拓扑可达性(1000 米半径整合度)、用地混合度、容积率数据的分布见图 7。通过直观的对比很容易发现,深圳市存在几个热点地区,如罗湖的东门-国贸和福田的华强北一带,可达性、用地混合程度、容积率三方面数值最高的地块在这些地区重叠并聚集成片。下文将进一步从定量统计的角度对上述三类数据的关系进行分析。

1. 可达性与用地功能构成

在 7 种类型的用地模式中,单一居住(H)用地的比例最高,占全部 675 个样本的 28%,服务与工作混合(A_W)用地的比例最低,仅为 4%。另外,混合型用地的比例为 58%,高于单一功能(H、A、W)用地的比例(42%),其中两种功能混合型(H_A、H_W、A_W)所占比例与单一功能型相同,而完全混合型用地(H_AW)所占比例为 16%。

按照可达性高低将单元格十等分,每组数量相同,选取前列 10%、20% 和 30% 的三组地块,累计统计其中分布的各类型用地的数量,具体结果见图 8。图 8 中,横轴为网络分析的半径,纵轴为用地类型的

聚集比例(%),颜色代表可达性的分组排序。从图8中可以发现,用地类型的分布有以下特点:首先,H_A_W用地与可达性的关系最密切,有将近60%聚集在可达性排名前30%的地块内,而同样情况下,单一居住(H)用地的聚集度最低,仅有26%左右。其次,H和A_W两种用地的分布比例在不同网络半径下变化不大,聚集情况比较平均;而H_A_W和W两类用地的情况则不同,前者随着网络半径的加大其聚集比例逐渐降低,而后者的趋势则恰好相反。再者,单一功能类型中的A和W用地较明显地聚集在大尺度的网络结构上,而混合型用地的聚集峰值多出现在较小的网络半径上。这些都说明空间对用地类型分布的影响不仅体现在网络的拓扑结构上,同时也体现在尺度上。

2. 可达性、容积率与用地功能构成的关联分析

表6列出了400米单元格的容积率与不同半径的可达性的相关度分析结果,其中,1000米半径整合度的表现最为突出, $r^2 = 0.511$ 。考虑到分析样本的总数达到675,这个相关度数值可以说相当显著地揭示了城市土地开发强度的微观分布特征——地块容积率的变化对可达性的响应程度超过了50%;即使到了较大的半径如4000米,可达性与容积率也



图7 400米单元格的密度数据分布: 1000米半径整合度(上)、容积率(中)、用地功能构成类型(下)

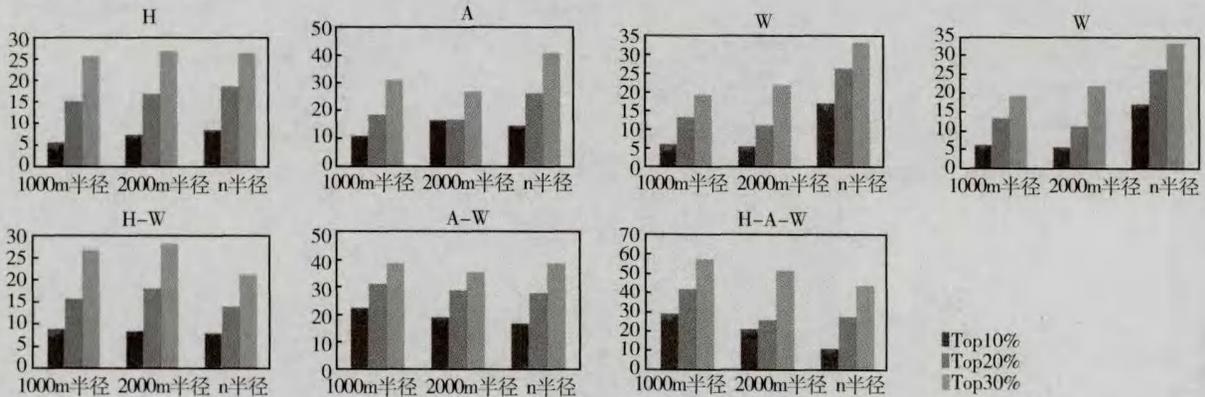


图8 各类用地功能构成类型在可达性最高的10%、20%和30%单元格的分布比例

表6 地块的可达性与容积率的统计相关性(r^2)

r^2	Int_1000	Int_2000	Int_4000	Int_Rn
容积率	0.511	0.423	0.275	0.086

呈现出中等程度的相关关系($r^2 = 0.275$),且统计检验为显著关系;而到了全局尺度(半径n),这种关系则不复存在了。

研究者一般认为,容积率的高低会受到用地性质的影响,因此,本研究根据前面的7种用地类型对可达性与容积率的关系进行了分组统计分析,结果

如图9所示。其中,对于完全混合型(H_A_W)用地,容积率与可达性的关系在上面的基础上进一步提高,响应程度高达 $r^2 = 0.615$;其他类型用地中,可达性与容积率的相关程度则有不同程度的下降,其中最低的为单一服务(A)用地($r^2 = 0.303$),但也达到了中等程度的相关水平。

为了更细致地考察用地功能构成的影响,本研究进一步以单项功能所占的比例为控制变量,进行逐级分类的统计相关分析。例如,以居住功能为控

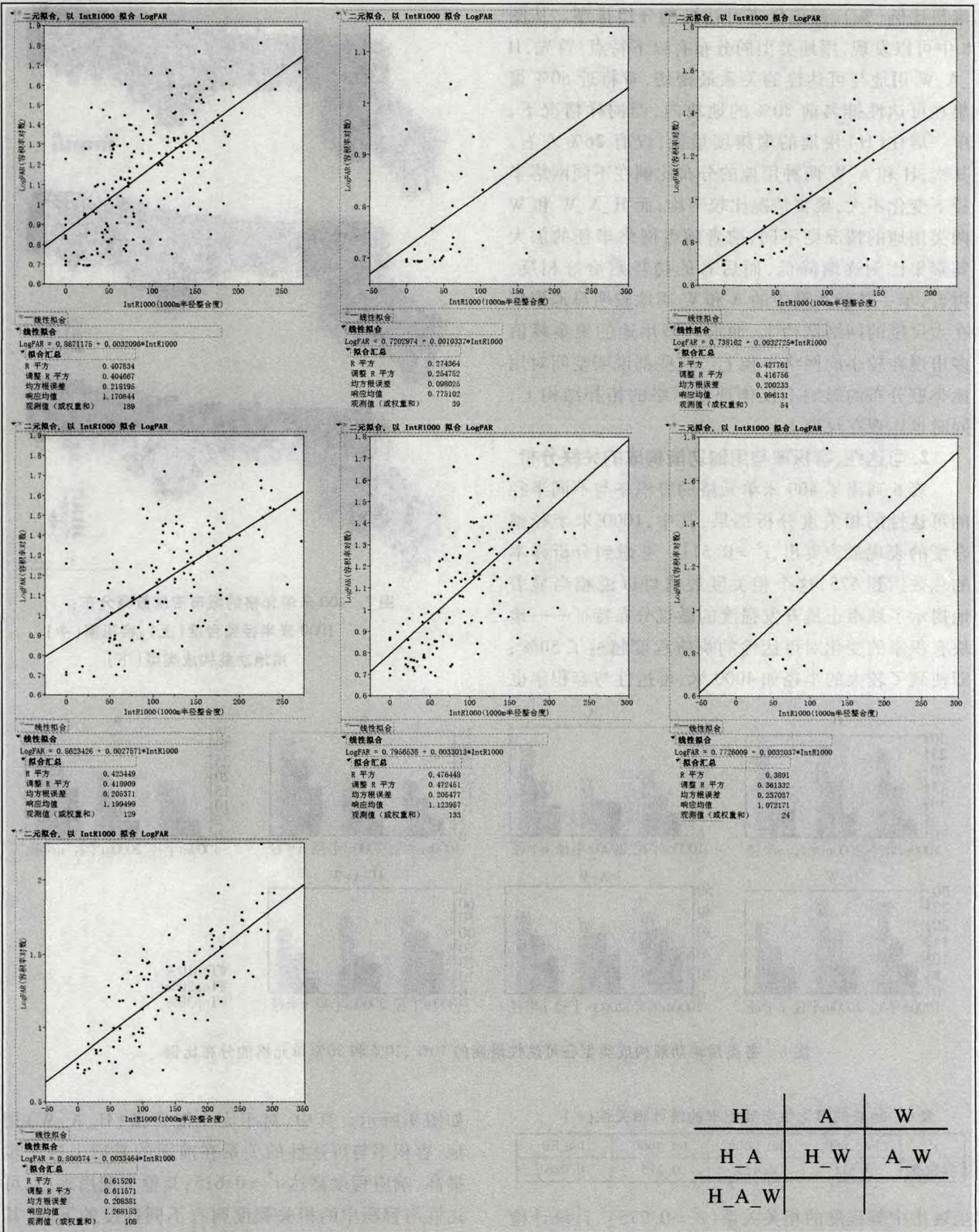


图 9 各功能构成类型单元格的容积率与可达性的统计分析散点图

注: 纵轴 IntR1000 代表 1000 米半径整合度, 横轴 LogPAR 代表容积率取对数。

制对象, 按照其所占的比例, 以 10% 递增的区间逐级考察单元格内容容积率与可达性的关联程度及其变

化, 然后依次类推, 完成对其他两大功能的控制分析。分析结果如图 10 所示。图 10 中, 横轴代表单

元格内某项功能所占的比例,纵轴代表可达性与容积率的相关度(r^2),三类功能的拟合曲线由不同灰度显示。

首先,三条曲线的起点和终点极为靠近,这意味着当地块中的某一种功能所占的比例很少(低于10%)或很高(高于90%)的时候,容积率与可达性的相关度和其他两个功能的构成比例关系不大。其次,随着用地内某一功能所占比例的增加,容积率与可达性的关系会先维持在较强的相关程度,然后逐渐下降,其中,50-60%附近为关键点,此时容积率与可达性的关联最强。再次,可达性与容积率之间的相关度会随着各项功能的比例变化而呈现不同的趋势。在功能比例为50%以下的时候,容积率与可达性的关联程度对居住功能的响应更好, r^2 约为0.60;而当这一比例超过60%以后,容积率与可达性的关联对工作功能的响应要更好一些。

从上面的分析可以看出,在微观层面,容积率与可达性的总体关系呈现出很强的相关性,且在较大程度上受到用地功能构成关系的影响。地块中各类功能的混合度越好,或者其中某个功能的比例较高但又不足以构成绝对统治的时候,较高的可达性往往意味着较高的容积率。

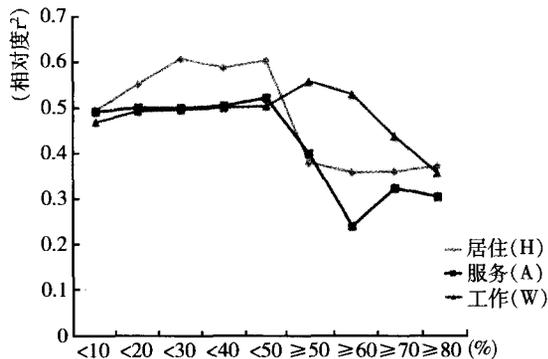


图 10 可达性与容积率的相关度随用地单元内单一功能所占比例变化的波动情况

注:横轴代表功能所占比例,纵轴代表相关度 r^2 。

五 结论

本研究的结果表明,在城市宏观层面,街道密度和形态与城市密度的某些指标如地块密度、容积率、各类建筑密度以及商业密度等要素之间存在着不同程度的系统相关性。这种情况与国外的案例研究结果类似,显示出城市在密度构成方面存在着某些共

性和跨文化特征。

本研究发现,街道网络的拓扑结构不仅能够揭示城市各片区之间密度分布的宏观差异,同时也能帮助研究者更微观地把握地块间土地开发情况的细微变化。例如,仅1000米半径的整合度一个变量便能够解释土地开发强度变化的50%,这种关系在以用地功能构成参照的情况下,则表现出更为清晰的三者互动——用地的可达性越高,功能混合程度也越高,同时,容积率也越高,特别是用地中包含一定量居住功能的时候,三者间的互动关系表现得更为显著。

深圳市的案例显示,无论宏观层面还是微观层面,街道拓扑结构与城市密度的关系受网络尺度的影响非常明显,其在较小半径的局部结构上表现显著,在大尺度的全局结构方面则逐渐消失。这种情况与西方城市案例有所不同,如相关研究显示,伦敦的城市密度与网络的全局结构之间的相关性更高^[18],从经验来看,伦敦的情况似乎更合理,因为规划设计一般多从城市整体结构的角度考虑城市密度的分布。但深圳的现象又该如何理解?一个合理的解释是,深圳市的街道网络缺乏多尺度耦合的结构特征。相关研究表明,多尺度的可达性对于维持空间网络的城市活力和密度具有至关重要的作用^[19-20]。通过对比深圳1000米、2000米和半径 n 的网络可达性分析不难发现,不同尺度的网络结构之间的重合度较低(图2),城市的整体结构由大尺度的快速路和机动车干道主导,由于缺乏次级道路的联系而造成对各部分城区的切割,使得各层级的网络结构之间缺乏有机联系,其结果是全局可达性高的地方局部可达性往往较低,反之亦然。深圳市全局结构的良好联系与局部微循环的不足应是城市密度更多与小尺度空间结构发生关系的重要原因。

国内关于城市形态与城市密度关系的定量研究较少,本研究仅就深圳个案进行了初步分析,因此,研究中的某些发现与其说是结论性的,不如说是为将来的研究提供了可以进一步验证的问题与假设,例如,由于数据精度和研究方法的限制,本研究未能进一步探讨街区的尺度与土地开发密度的关系,而这一问题对于如何设计城市具有重要的意义。城市的发展历史表明,街道网络对于用地功能的调整 and 开发密度的变化具有很强的适应性,因而在较长时期内呈现相对稳定的状态。特定尺度和密度的街区形态在应对城市用地的功能变化上是否具有更强的适应性?要回答这个问题需要更精确的数据,同时

也对研究方法提出了更高的要求,如需要以街区为单元替代本研究所采用的均质方格网来组织数据分析。此外,城市密度研究还需要关注城市空间组织的“句法”现象。空间句法的研究表明,城市布局的一个普遍的、规律性的现象是以线性的街道空间而不是以面域的街区或地块单元来组织用地功能结构,这一现象在城市密度的分布中也表现得相当明显。无论是在深圳还是在国内外的其他城市,不难看到相距不远的用地、甚至同一街区的不同地块间的开发密度往往有显著的差异。而要研究城市密度分布的“句法”问题,则需要在完善分析方法的基础上探讨空间网络的句法结构对街道两侧用地开发强度变化的影响,以及街区尺度在其中所起的作用。

即便如此,本研究依然指向以下结果,城市形态表达的不仅仅是城市作为人造物体所具有的物质属性,同时也蕴含着街道网络作为一个组织系统承载不同类型和不同强度开发建设的特质。近年来,关于城市人口、资源空间配置的非物质形态规划受到越来越多的重视并成为规划的主导内容,而城市的物质形态规划则饱受批判,问题的实质恐怕不在于主次之分而在于二者的关系,即非物质形态的各种城市密度如何建筑于有形的、以特定组织构成方式形成的街道网络和公共空间界面之上及其所可能导致的不同社会经济后果。任何试图理解城市运行和规划设计规律的研究和努力,可能都难以回避这个根本性的问题。

[Abstract] This essay examines the spatial distribution patterns of urban density at different city scales in Shenzhen. Measures of street configuration are correlated with measures of land development densities. This can show how density of physical structure of city supports other kinds of urban density and how such relation varies with respect to different types of land use composition. By modelling co-variation between street configuration, building density and land use composition, this essay also makes a contribution to understanding the spatial logic of urban density from the point of view of urban planning and design.

[Key words] urban density; street network; function composition; Shenzhen

参考文献

- [1] Peoponis J, et al. Street Connectivity and Urban Density: Spatial Measures and Their Correlation [C]. Istanbul: The 6th International Space Syntax Symposium, 2007
- [2] Alonso W. Location and Land Use: Towards A General Theory of Land Rent [M]. Cambridge, Massachusetts: Harvard University

- Press, 1964
- [3] 唐子来. 西方城市空间结构研究的理论和方法 [J]. 城市规划汇刊, 1997(6): 1-11
- [4] 唐子来, 付磊. 深圳城市密度分区研究 [J]. 城市规划汇刊, 2003(4): 1-9
- [5] 周丽亚, 邹兵. 探讨多层次控制城市密度的技术方法 [J]. 规划研究, 2004(12): 28-32
- [6] Jacobs J. The death and life of great American cities [M]. United States: Vintage Books Ed. 1992
- [7] Siksna A. The Effects of Block Size and Form in North American and Australian City Centers [J]. Urban Morphology, 1997(1): 19-33
- [8] Hillier B. Cities as Movement Economies [J]. Urban Design International, 1996(1): 49-60
- [9] Hillier B. Centrality as a Process: Accounting for Attraction Inequalities in Deformed Grids [J]. Urban Design International, 1999(3/4): 107-127
- [10] Chiaradia A, et al. Compositional and Urban Form Effects on Centers in Greater London [J]. Urban Design and Planning, 2012(3): 21-42
- [11] Chiaradia A, et al. Compositional and Urban Form Effects on Residential Property Value Patterns in Greater London [J]. Urban Design and Planning, 2012(6): 176-199
- [12] Mashhoodi B, Berghauser Pont M. Studying Land-use distribution and mixed-use patterns in relation to density, accessibility and urban form [C]. Montreal, Canada: ISUF 2011
- [13] Van Nes A, Berghauserpont M, Mashhoodi B. Combination of Space Syntax with Spacematrix and the Mixed Use Index: The Rotterdam South Test Case [C]. Santiago de, Chile: The 8th International Space Syntax Symposium, 2012
- [14] Karimi K, Mavridou M, Armstrong M. Understanding Cities through the Analysis of Their Prime Activity Axes: The Capital Routes [C]. TU Delft, Netherland: The 5th International Space Syntax Symposium, 2005
- [15] 樊安莉. 街网结构对城市生活中心的影响研究: 以深圳市蛇口片区为例 [D]. 深圳大学硕士论文, 2009
- [16] Hillier B, Iida S. Network Effects and Psychological Effects: A Theory of Urban Movement [C]. TU Delft, Netherlands: The 5th International Space Syntax Symposium, 2005
- [17] Hoek J. The MXI (Mixed Use Index): An Instrument for Anti-sprawl Policy? [C] The 44th ISOCARP Congress, 2008
- [18] Law S, Chiaradia A, Schwander C. Towards a Multi-modal Space Syntax Analysis: A Case Study of the London Street and Underground Network [C]. Santiago de, Chile: The 8th International Space Syntax Symposium, 2012
- [19] Hillier B. Spatial Sustainability in Cities: Organic Patterns and Sustainable Forms [C]. KTH, Stockholm: The 7th International Space Syntax Symposium, 2009
- [20] 封晨, 王浩锋, 饶小军. 澳门半岛城市空间形态的演变研究 [J]. 南方建筑, 2012(4): 64-72

(责任编辑: 刘媛君)